

## PENENTUAN KERAPATAN BATUAN MENGGUNAKAN METODE SEISMIC REFRAKSI DI DESA DALAKA KECAMATAN SINDUE KABUPATEN DONGGALA

Zulhelmi, Rustan Efendi, Abdullah

Jurusan Fisika Fakultas FMIPA Universitas Tadulako,

### ABSTRAK

Penelitian kerapatan batuan telah dilakukan di Desa Dalaka Kecamatan Sindue Kabupaten Donggala dengan menggunakan metode seismik refraksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlapisan batuan dan kerapatan batuan berdasarkan kecepatan gelombang seismik bawah permukaan. Penelitian dilakukan pada 3 lintasan dengan jumlah *geophone* sebanyak 12 buah, dengan spasi antar *geophone* 3 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan rambat gelombang seismik dan kerapatan batuan bawah permukaan pada Lintasan-1 berturut-turut sebesar 390 – 1,153 m/s dengan kerapatan batuan 1,8 gr/cm<sup>3</sup> pada kedalaman 7 - 16 mdpl. Pada Lintasan-2 diperoleh kecepatan rambat gelombang sebesar 544 – 779 m/s dengan kerapatan batuan sebesar 1,6 gr/cm<sup>3</sup> pada kedalaman 4 - 9 mdpl. Sedangkan, pada Lintasan-3 memiliki kecepatan gelombang seismik sebesar 416 – 574 m/s dengan kerapatan batuan sebesar 1,5 gr/cm<sup>3</sup> pada kedalaman 4 - 9 mdpl. Dari ketiga lintasan pengukuran data seismik tersebut terlihat bahwa Lintasan-1 yang memiliki kecepatan gelombang seismik paling besar. Dengan semakin bertambahnya kedalaman maka kecepatan gelombang seismik yang diperoleh akan semakin bertambah sehingga densitas yang diperoleh akan semakin besar.

**Kata kunci :** Densitas, Kecepatan gelombang seismik

### ABSTRACT

Rock density research has been conducted in Dalaka Village, Sindue District, Donggala District by using refraction seismic method. This study aims to determine the rock layers and rock density based on the speed of sub-surface seismic waves. The study was conducted on 3 trajectories with the number of geophones as many as 12 pieces, with spaces between geophones 3 meters. The results showed that the velocity of the seismic waves and the density of the subsurface rocks on the 1st Lane were 390-1.153 m / s with rock density 1,8 gr / cm<sup>3</sup> at depth 7 - 16 mdpl. In Path-2 obtained wave velocity of 544 - 779 m / s with a rock density of 1.6 gr / cm<sup>3</sup> at a depth of 4-9 mdpl. Meanwhile, on Track-3 has a seismic wave velocity of 416 - 574 m / s with a rock density of 1.5 gr / cm<sup>3</sup> at a depth of 4 - 9 mdpl. From the three trajectories of seismic data measurement, it is seen that the 1st track has the greatest seismic wave velocity. With the increasing depth, the seismic wave velocity obtained will increase so that the density obtained will be greater

**Keywords:** Density, Seismic wave velocity

## I. PENDAHULUAN

Desa Dalaka terletak di Kecamatan Sindue Kabupaten Donggala, dengan batas administrasi sebelah utara berbatasan dengan Desa Lero, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Parigi Moutong, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Labuan, dan sebelah barat berbatasan dengan Laut Sulawesi. (BPS., 2016).

Dalaka adalah salah satu daerah di sebelah barat dari kota palu. Daerah ini dilewati oleh sesar Palu Koro sehingga rawan terjadi gempa bumi, dengan demikian perlunya dilakukan penelitian ini agar dapat mengetahui lapisan bawah permukaan. Lapisan batuan bawah permukaan bumi memiliki sifat fisis yang variatif. Salah satu sifat fisis tersebut adalah sifat elastisitas dan tingkat kekerasan batuan. Tingkat kekerasan batuan menandakan kekompakan (*cohesiveness*), suatu batuan dan biasanya dinyatakan dalam bentuk *compressive fracture strength* (tekanan maksimum yang mampu ditahan oleh batuan untuk mempertahankan diri dari terjadinya rekahan). Besarnya *fracture strength* dipengaruhi oleh densitas dan kekompakan batuan. Sedangkan besarnya densitas dan kekompakan batuan juga dipengaruhi oleh elastisitas batuan (Nurdiyanto dkk., 2011).

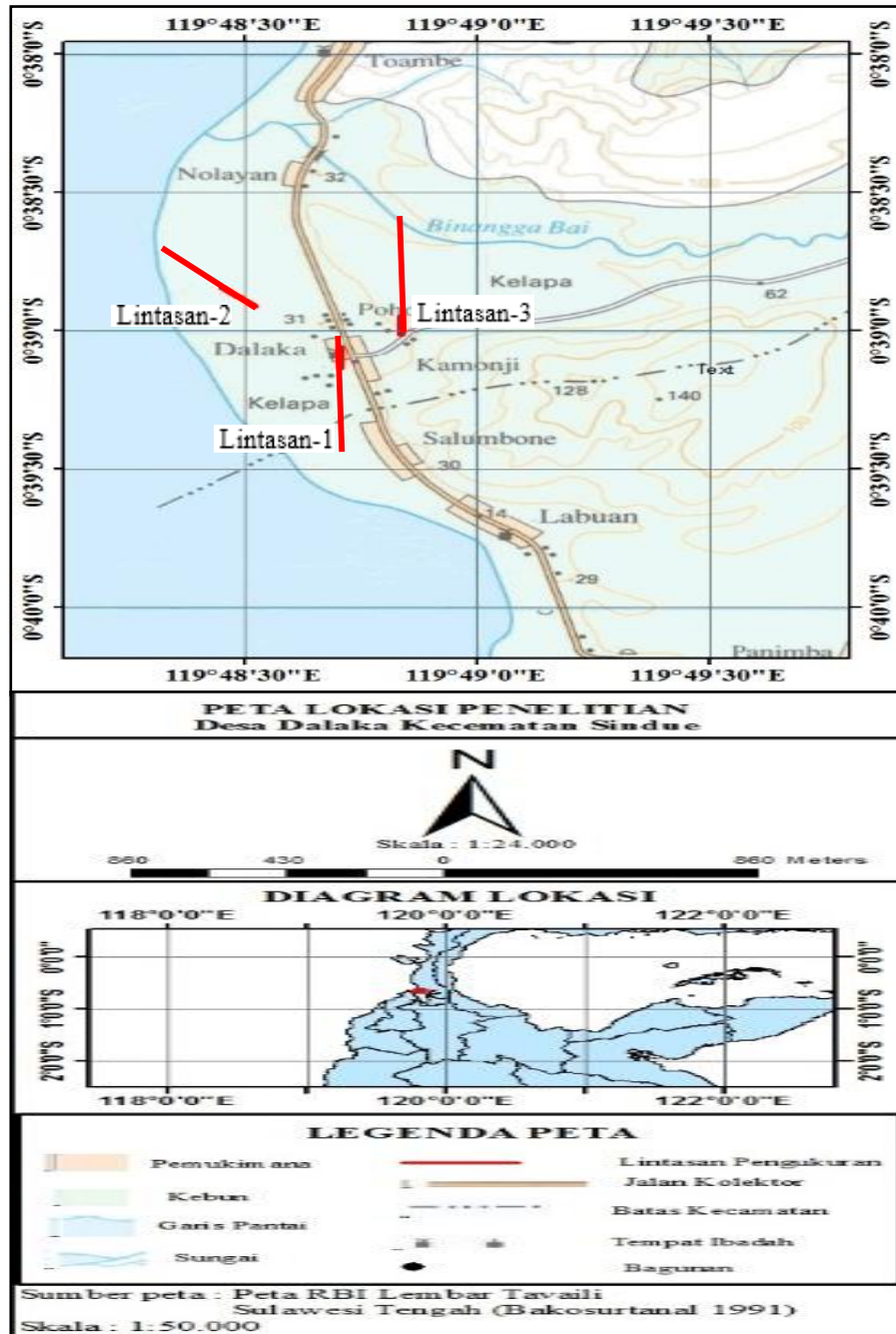
Sifat-sifat fisik batuan terkait dengan kecepatan gelombang seismik dapat diteleluri dengan metode seismik refraksi. Metode ini umum digunakan dalam survei geofisika untuk menentukan kedalaman

batuan dasar, litologi batuan dasar (*bed rock*), sesar, dan kekerasan batuan. Besarnya cepat rambat gelombang seismik dalam lapisan batuan dipengaruhi oleh elastisitas dan densitas batuan, sehingga dengan mengetahui cepat rambat gelombang seismik pada lapisan batuan maka akan diketahui tingkat kekerasan lapisan atau densitas batuan tersebut (Lubis, 2005).

Metode yang digunakan merupakan salah satu metode *non destructive* yang efektif dan efisien karena memerlukan tenaga yang sedikit, biaya yang lebih murah dan waktu yang relatif singkat. Pada prinsipnya metode ini memanfaatkan perambatan gelombang seismik yang merambat ke dalam bumi. Gelombang seismik merupakan gelombang elastik dan perambatannya bergantung pada sifat elastisitas batuan. Ketika gelombang seismik yang menjalar menemui bidang batas antar lapisan, sebagian gelombang ini ada yang direfleksikan (dipantulkan) dan ada juga yang direfraksikan (dibiaskan) kemudian gejala fisisnya diamati dengan merekam gelombang tersebut melalui geophone (Nurcandra dkk., 2013).

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Dalaka Kecamatan Sindue Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah. Secara geografis lokasi penelitian berada pada posisi 0°38'15" - 0°39'15" LS dan 119°48'15" - 119°49'0" BT. Peta lokasi penelitian dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta lokasi penelitian dan sekitarnya (Bakosurtanal, 1991)

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Satu set alat seismik refraksi terdiri dari (Es-3000 untuk mendeteksi, memperkuat dan merekam getaran yang terjadi di bawah permukaan, Detektor *geophone* 12 buah sebagai sensor untuk merekam penjalaran gelombang di bawah permukaan, Kabel penghubung (*trigger, extension, conector*) berfungsi sebagai penghubung antara komponen alat dan kelaptop, Palu berfungsi sebagai sumber getaran, Papan landasan) Roll meter (100 meter) untuk mengukur jarak antar *geophone*, *Global Positioning System* (GPS) berfungsi untuk menentukan posisi *geophone*, Peta geologi lembar Palu (1 Lembar), *Software seisimager* dan *Software rockwork*, dan Alat tulis menulis.

Data yang diperoleh dari hasil rekaman (seismogram) di lapangan siap untuk diolah menggunakan *software seisimager* yaitu. program *Pickwin* dan *Plotrefa* untuk mendapatkan gambaran tentang struktur perlapisan bawah permukaan dalam bentuk 2-D, *software rockwork* untuk mendapatkan model penampang densitas 2D. Acuan yang digunakan adalah variasi kecepatan gelombang seismik, kecepatan tersebut dapat

di interpretasikan lapisan bawah permukaan. Densitas dapat diperoleh dari menggunakan Persamaan (1) yang dimana besanya densitas dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat kekerasan batuan. Hubungan antara densitas dengan kecepatan perambatan gelombang seismik dalam batuan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \alpha V^{1/4} \dots\dots\dots 1$$

Dimana  $\rho$  dalam satuan  $\text{gr/cm}^3$ ,  $\alpha$  adalah konstanta Gardner (0,31) ketika  $V$  dalam satuan m/s dan (0,23) saat  $V$  dalam satuan ft/s. Dalam penelitian ini  $V$  yang digunakan adalah dalam satuan m/s. Dari Persamaan (1) dapat diketahui bahwa besanya densitas suatu batuan akan mempengaruhi kecepatan gelombang seismik. Besarnya densitas dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat kekerasan batuan. (Sheriff dan Gildart, 1995). Penelitian ini menggunakan metode waktu tunda, disebut waktu tunda karena terdapat perbedaan waktu yang diperlukan untuk perambatan pulsa gelombang ke arah atas (*Up-Ward*) atau ke bawah (*Down-ward*) yang melalui lapisan atas terhadap waktu yang digunakan untuk merambat dipermulaan lapisan kedua (Pembias) sepanjang proyeksi lintasan normal tersebut pada bidang batas.

## ANALISI DAN PERHITUNGAN DENSITAS

Tabel 2.1 Ketebalan, densitas dan kecepatan gelombang sesimik refraksi pada Lintasan-1

No.	Lapisan	$V_p$ (m/s)		$\rho$ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Ketebalan (m)	Batuan
		Teori	Hasil			
1.	Pertama	200 – 1.000	390	1,4	$\pm 2,2$	Pasir tidak tersaturasi
2.	Kedua	800 -2.000	917 – 1,153	1,7 - 1,8	$\pm 15,1$	Pasir tersaturasi

Tabel 2.2 Ketebalan, kerapatan dan kecepatan gelombang seismik refraksi pada Lintasan-2

No	Lapisan	$V_p$ (m/s)		$\rho$ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Ketebalan (m)	Batuan
		Teori	Hasil			
1.	Pertama	200 – 1.000	544 – 779	1,5 - 1,6	$\pm 14,2$	Pasir Tidak tersaturasi

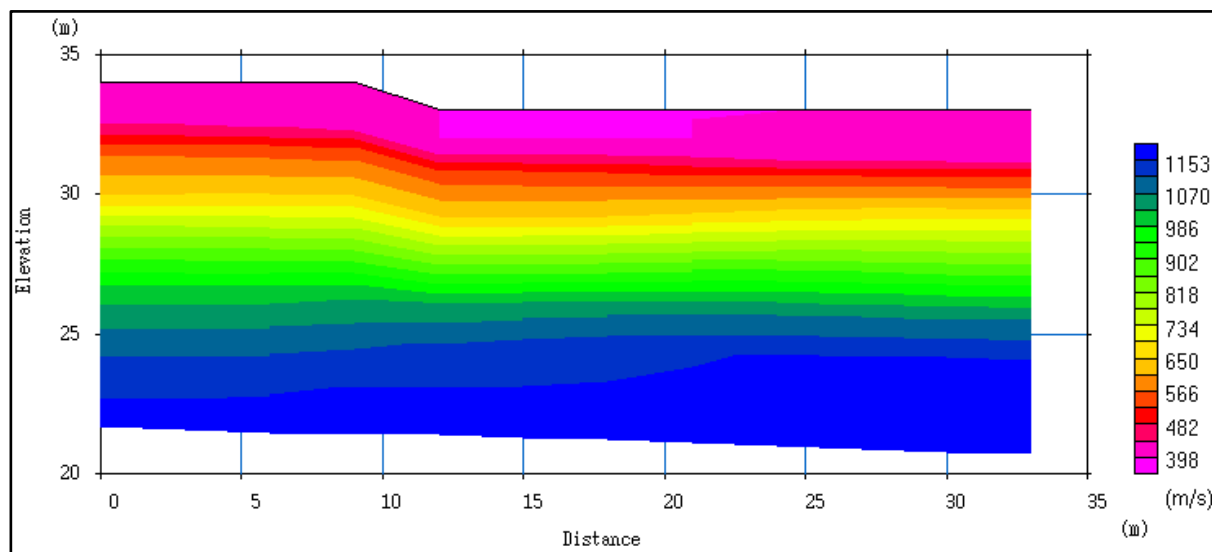
Tabel 2.3 Ketebalan, kerapatan dan kecepatan gelombang seismik refraksi pada Lintasan-3

No.	Lapisan	$V_p$ (m/s)		$\rho$ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Ketebalan (m)	Batuan
		Teori	Hasil			
1.	Pertama	200 – 1.000	416 – 574	1,4 - 1,5	$\pm 13$	Pasir Tidak tersaturasi

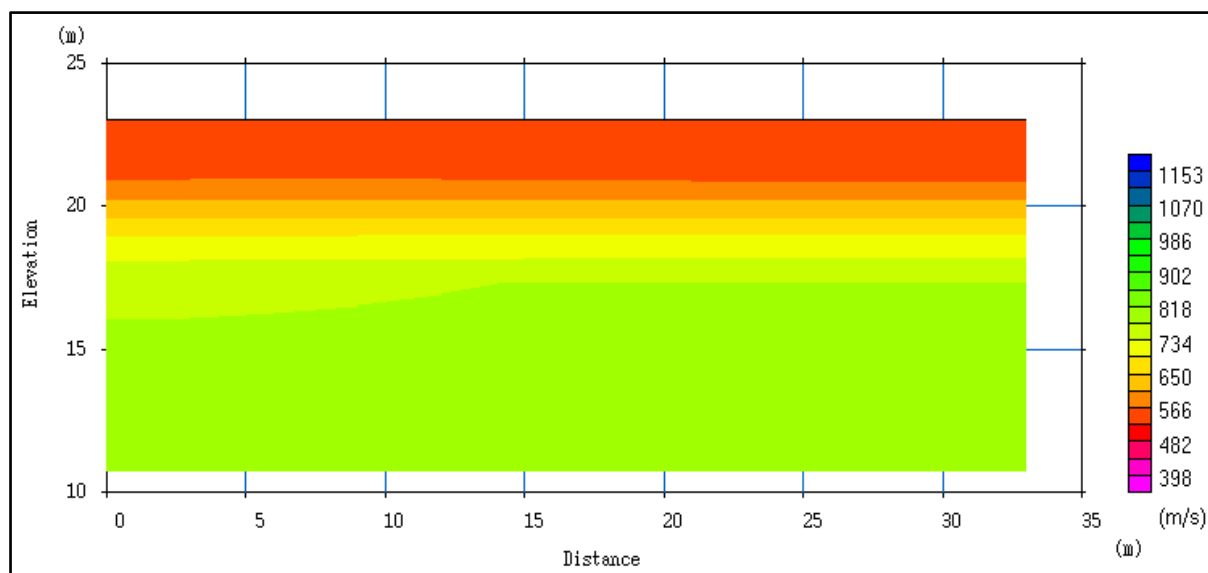
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan pada 3 lintasan yang masing-masing memiliki panjang 33 meter. *Geophone* yang digunakan sebanyak 12 buah dan jarak interval antar *geophone* adalah 3 meter. Dalam pengukuran di lapangan tiap-tiap lintasan diberikan 3 *shoot point (endset)*, *endset* I terletak 2 meter dibelakang *geophone* 1, *endset* II antara *geophone* 6 dan 7, dan *endset* III terletak 2 meter di depan *geophone* 12. Lintasan-1 terletak di stadion lapangan bola disebelah

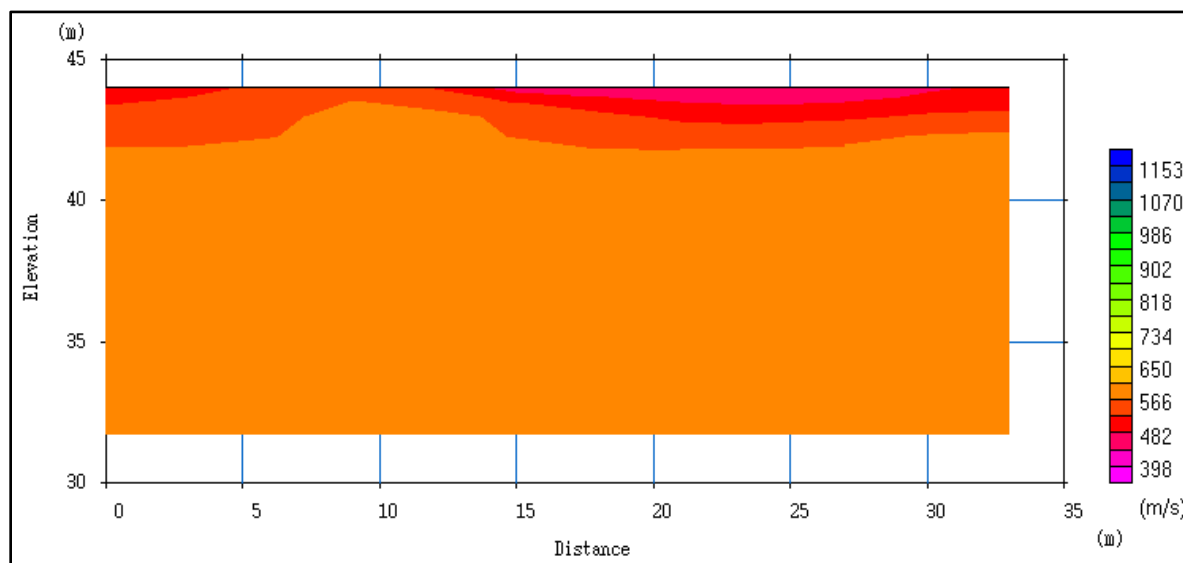
barat dari Kota Palu dengan arah bentangan  $353^\circ$  selatan ke utara. Lintasan-2 terletak di sebelah barat dari arah Kota Palu dengan arah bentangan  $320^\circ$  selatan ke barat laut. Jarak Lintasan-2 dari Lintasan-1 berkisar  $\pm 400$  meter. Lintasan-3 terletak di sebelah timur dari arah Kota Palu dengan arah bentangan  $357^\circ$  selatan ke utara. Jarak dari Lintasan-2 ke Lintasan-3 berkisar  $\pm 300$  meter. Berikut ini merupakan hasil dari interpretasi seismik refraksi di desa Dalaka.



Gambar 3.1 Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada Lintasan-1



Gambar 3.2 Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada Lintasan-2



Gambar 3.3 Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada Lintasan-3

Gambar 3.1 merupakan model penampang kecepatan gelombang seismik 2D dengan kecepatan yang bervariasi dari 390 m/s sampai 1.153 m/s, dengan nilai presentasi kesalahan sebesar 0,6 %. Pengukuran pada Lintasan-1 di perkirakan mencapai kedalaman hingga 17,3 meter. Pada lapisan pertama diperoleh kecepatan gelombang seismik sebesar 390 m/s dengan ketebalan lapisan  $\pm 2,2$  meter dan memiliki densitas  $1,4 \text{ gr/cm}^3$ . Lapisan kedua diperoleh kecepatan gelombang seismik yaitu sebesar 917 m/s sampai 1.153 m/s, perbedaan kecepatan gelombang seismik pada lapisan kedua ini tidak terlalu signifikan dan masih dalam satu litologi batuan yang sama, dengan ketebalan lapisan  $\pm 15,1$  meter dan memiliki densitas  $1,7 - 1,8 \text{ gr/cm}^3$ . Tampak bahwa kecepatan terendah 390 m/s terletak di sekitar permukaan dan kecepatannya akan bertambah dengan pertambahan kedalaman.

Model penampang kecepatan gelombang seismik 2D dapat dilihat pada Gambar 3.2. Terlihat bahwa kecepatan yang bervariasi dari 544 m/s sampai 779 m/s, dengan nilai presentasi kesalahan sebesar 1,02 %. Pada Lintasan-2 ini hanya diperoleh satu lapisan saja dengan kecepatan rambat gelombang

seismik sebesar 544 m/s sampai 779 m/s dengan ketebalan lapisan  $\pm 14,2$  meter dan memiliki densitas  $1,5 - 1,6 \text{ gr/cm}^3$ . Tampak bahwa kecepatan terendah 544 m/s terletak di sekitar permukaan dan kecepatannya bertambah dengan pertambahan kedalaman. Perbedaan kecepatan gelombang seismik refraksi yang diperoleh diakibatkan semakin dalam suatu batuan maka kandungan lempung suatu batuan akan semakin bertambah. Perbedaan kecepatan ini tidak terlalu signifikan dan masih dalam satu litologi batuan yang sama dan diduga batuan tersebut adalah batu pasir tidak tersaturasi.

Gambar 3.3 merupakan model penampang kecepatan gelombang seismik 2D dengan kecepatan yang bervariasi dari 416 m/s sampai 578 m/s. Tampak bahwa kecepatan terendah 416 m/s terletak di sekitar permukaan dan kecepatannya bertambah dengan pertambahan kedalaman. Presentasi kesalahan pada lintasan ini sebesar 0,9 %. Lintasan-3 ini hanya terdapat satu lapisan dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 416 m/s sampai 578 m/s dengan ketebalan lapisan  $\pm 13$  meter dan memiliki densitas  $1,4 - 1,5 \text{ gr/cm}^3$ . Penyusun batuan pada lapisan ini diduga batu pasir tidak

tersaturasi. Perbedaan kecepatan gelombang seismik ini tidak terlalu signifikan dan masih dalam satu litologi batuan yang sama.

#### IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Dari ketiga lintasan ini sangat bervariasi, dimana Lintasan-1 diperoleh dua lapisan dengan kecepatan gelombang seismik 390 – 1,153 m/s dan kedalaman (mdpl)  $\pm 17$  meter. Lintasan-2 hanya memiliki 1 lapisan dimana kecepatan gelombang seismik yang diperoleh sebesar 544 – 779 m/s dan kedalaman (mdpl)  $\pm 14$  meter. Lintasan-3 hanya terdapat 1 lapisan saja dengan kecepatan gelombang seismik yang diperoleh sebesar 416 – 574 m/s dengan kedalaman (mdpl)  $\pm 13$  meter.
2. Kerapatan batuan yang besar berada pada Lintasan-1 dengan densitas 1,8 gr/cm<sup>3</sup>, pada kedalaman lapisan 7 meter sampai 16 meter. Semakin dalam suatu lapisan maka dapat diduga semakin rapat suatu batuan. Hal ini juga menunjukkan lapisan tersebut memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi di bandingkan dengan Lintasan-2 yang hanya memiliki densitas 1,6 gr/cm<sup>3</sup> dan Lintasan-3 memiliki densitas sebesar 1,5 gr/cm<sup>3</sup>.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Donggala (2016). *BPS-Statistics of Donggala Regency*. Kecamatan Sindue Dalam Angka 2015, Donggala
- Bakosurtanal, (1991). Peta RBI Lembar Tavaili Sulawesi Tengah
- Lubis, A.M., (2005). Analisa Kecepatan gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah Yang Terkena Dampak Gempa Bumi 4 Juni 2000 (Studi Kasus: Kampus Universitas Bengkulu). Jurnal

Gradien Vol. 1 No. 2 Juli 2005: 69-73.

- Nurcandra, N. Darsono. dan Koesuma, S. Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Jatikuwung Karanganyar, Indonesian Journal of Applied Physics (2013) Vol.3 No.1 halaman 29-35
- Nurdiyanto, B. Drajat, N. Sunardi, B. dan Susilanto, P. (2011), *Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi*, Jurnal Meteorologi Dan Geofisika Vol. 12 No. 3, Desember 2011:211-220.
- Sheriff and Gildart, (1995). *Exploration Seismology*. United States Of America: Cambridge University Press.